

DIFFERENT METHODOLOGIES FOR ESTIMATING PHOTOVOLTAIC ROOF POTENTIAL

Martin Štefek

Bachelor Programme (3.), FEEC BUT

E-mail: xstefe10@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Martin Paar

E-mail: paar@feec.vutbr.cz

Abstract: The aim of this study is to verify the methodologies used for estimating photovoltaic roof potential. This text compares results of different top-down methodologies and designs its own time-consuming methodology based on ČSN EN 15316-4-3.

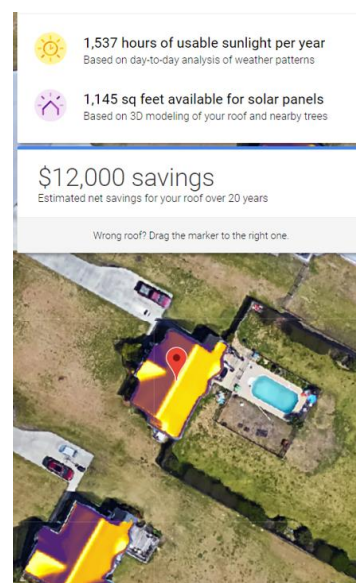
Keywords: photovoltaic potential, households

1 ÚVOD

V posledních letech dochází ke zvýšenému zájmu o střešní instalace v sektoru rodinných domů. Jedná se o malé instalace se špičkovým výkonem do 10 kWp. Tento vývoj je zapříčiněn změnou v dotačním systému (dnes Nová zelená) podporujícím malé fotovoltaické elektrárny sloužící pro vlastní spotřebu domácností. Zároveň dochází ke snížení pořizovací ceny fotovoltaických a bateriových systémů. Další výhodou je v případě výpadku možnost nezávislosti na síti. Spolu se zdražující se elektrickou energií je tak investice do střešní fotovoltaické instalace stále výhodnější. Do budoucna je předpokládán zvyšující se nárůst malých střešních instalací, proto je přínosné provedení obecních, regionálních či celostátních průzkumů o potenciálním výkonu těchto malých instalací a jejich dopadů na elektrickou síť. Tento příspěvek se zabývá odhadem celkového technického potenciálu střešní fotovoltaiky (FVE) a sumarizuje jednotlivé metodiky aplikované na části obce.

2 FOTOVOLTAICKÉ KALKULAČKY

Pro přibližný odhad výroby střešních FVE bylo vytvořeno mnoho pomocných nástrojů. Pro Českou republiku je např. dostupná kalkulačka e.on. Pro odhad využívá podklady z družicového snímkování, ze kterých je přibližně odečtena plocha střechy. Jelikož je množství vstupních dat omezené, tak celkový potenciál střešní instalace je značně podhodnocen z důvodu využití pouze části střechy. Další podobné kalkulačky nabízí například společnost Tesla a IKEA. Nejpokročilejším pomocným nástrojem pro odhad potenciální produkce je v současné době Project Sunroof od společnosti Google. K březnu 2019 je spuštěn pro USA, Německo a Velkou Británii. Tento online nástroj pro svůj odhad využívá 3D mapové podklady radiační mapy spolu s Google Earth. Nástroj je schopný dle zadané adresy detekovat střešní plochu a odhadnout její potenciál s ohledem na sklon a orientaci vůči světovým stranám viz. **Obrázek 1**. Tato aplikace byla poprvé spuštěna v roce 2015 a od té doby je průběžně vylepšována a dále vyvíjena ve spolupráci s distributory elektřiny (např. e.on) [1].



Obrázek 1: Project Sunroof [2]

3 ODHAD POTENCIÁLU

Výše uvedené fotovoltaické kalkulačky v České republice buď nejsou dostupné či nedosahují požadované přesnosti. Proto je nutné k odhadu celkového potenciálu při plošném užití postupovat odlišně. Do budoucna se však pro podobné plošně aplikovatelné odhady nabízí využití radiačních map spolu s 3D mapami webu mapy.cz či lidarů. Následující kapitoly shrnou doposud využitě metodiky aplikované na obec Moravany u Brna spolu s vlastním návrhem odhadu aplikovaným zobrazené území viz. **Obrázek 2** (celkem je uvažováno 1000 zastavěných pozemků).



Obrázek 2: Náhled zpracované části obce [3]

3.1 METODIKA DLE STUDIE ENACO

Metodika ze studie [4] (2015) uvažuje s předpokladem, že pouze 25 % jiných budov a 55 % rodinných a bytových domů je vhodných pro umístění fotovoltaické instalace při využití pouze jedné třetiny střešní plochy u vhodných domů. Původní metodika využívá ke stanovení střešní plochy data o podlažnosti budov. Z důvodu výskytu převážně jednopodlažní rodinných domů na zkoumaném území, jsou údaje o podlažnosti zanedbány a je uvažováno pouze se zastavěnou plochou (včetně nádvorí). To do metodiky vnáší statistickou chybu. Postup výpočtu zobrazuje **Tabulka 1**.

| | | | |
|---|---|-------------------|----------------|
| Zastavěná plocha (zahrnuté RD/BD) | S_z | [m ²] | 127611 |
| Zastavěná plocha (ČSÚ) | $S_{ČSÚ}$ | [m ²] | 294300 |
| Podíl využitelnosti střechy | K_v | [-] | 0,33 |
| Podíl vhodných RD/BD | K_{RD} | [-] | 0,55 |
| Podíl vhodných jiných budov | K_j | [-] | 0,25 |
| Plocha zabíraná panelem | S_p | [m ²] | 1,73 |
| Špičkový výkon panelu | P_{pk} | [kWp] | 0,325 |
| Celkový potenciál (vlastní data + ČSÚ) | $C_{celk} = (S_z/S_p) \cdot P_{pk} \cdot K_{RD} \cdot K_v + ((S_{ČSÚ}-S_z)/S_p) \cdot P_{pk} \cdot K_j \cdot K_v$ | [kWp] | 6 934,6 |

Tabulka 1: FV potenciál části obce dle metodiky ze studie ENACO [7]

3.2 METODIKA POUŽITÁ V OPONENTSKÉM POSUDKU PRO NKEP

Ke konci roku 2018 byly zveřejněny výsledky studie [5] jejíž součástí je odhad potenciálu střešní fotovoltaiky ČR. Tato studie operuje s podobnými předpoklady jako [4], ovšem tuto úvahu dále rozšiřuje o navýšení střešní plochy o 50 % pro rodinné domy se sedlovou střechou. Ze studií uváděného rozsahu využitelnosti budov byla vybrána hodnota 70 % jelikož se nejvíce blíží vlastnímu průzkumu (55% využitelnost jiných budov). Podíl sedlových střech je stanoven na 50 % celkového počtu rodinných domů (10 % u jiných budov). Metodiku výpočtu zobrazuje **Tabulka 2**.

| | | | |
|---|---|-------------------|-----------------|
| Zastavěná plocha (zahrnuté RD/BD) | S_z | [m ²] | 127611 |
| Zastavěná plocha (ČSÚ) | $S_{ČSÚ}$ | [m ²] | 294300 |
| Koeficient rozšíření plochy sedlových střech | K_s | [-] | 1,5 |
| Podíl sedlových střech RD | P_{sRD} | [-] | 0,5 |
| Podíl sedlových střech jiné budovy | P_{sJ} | [-] | 0,1 |
| Podíl využitelnosti střechy | K_v | [-] | 0,33 |
| Podíl vhodných jiných budov | K_j | [-] | 0,55 |
| Podíl vhodných RD/BD | K_{RD} | [-] | 0,7 |
| Plocha zabíraná panelem | S_p | [m ²] | 1,73 |
| Špičkový výkon panelu | P_{pk} | [kWp] | 0,325 |
| Celkový potenciál (vlastní data + ČSÚ) | $C_{celk} = (S_z/S_p) \cdot (K_s \cdot P_{sRD} + 1 - P_{sRD}) \cdot P_{pk} \cdot K_{RD} \cdot K_v + ((S_{ČSÚ}-S_z)/S_p) \cdot (K_s \cdot P_{sJ} + 1 - P_{sJ}) \cdot P_{pk} \cdot K_j \cdot K_v$ | [kWp] | 12 890,0 |

Tabulka 2: FV potenciál části obce dle metodiky z posudku pro NKEP [7]

4 METODIKA ODVOZENÁ Z ČSN EN 15316-4-3

Tato kapitola navrhuje metodiku ověření odhadu celkového potenciálu metodou vycházející z normy EN 15316-4-3. Ačkoli se jedná o časově náročnější metodu aplikovatelnou pouze na malé obce, může přinést lepší pohled do problematiky odhadu potenciálu z důvodu množství nasbíraných statistických dat. Oproti běžně využívaným radiačním mapám je vycházeno z map fotovoltaického potenciálu (udávají kWh/rok z 1 kWp instalovaného výkonu). Zlomek ve vzorci (1) představuje počet panelů (S_o – zastavěná plocha, T_s – typizace střechy, K_v – koeficient využití střechy, S_p – plocha panelu). Počet panelů je násoben špičkovým výkonem panelu P_{pk} , ročním potenciálem $P_{po/r}$, koeficientem pro vliv teploty K_{tep} majícím hodnotu 0,8 (vysoce větrané prostředí viz. norma [4]) a koeficientem orientace dané části střechy K_{or} .

$$E_{FV/r} = \frac{S_o \cdot T_s \cdot K_v}{S_p} \cdot P_{pk} \cdot P_{po/r} \cdot K_{tep} \cdot K_{or} \quad (1)$$

Tento vzorec je aplikován na každou dílčí část střechy s orientací S, SV, V, JV, J, JZ, Z a SZ. Část orientované střechy je povrch části dělený půdorysem. Jelikož ne u každého domu je využitelný půdorys celý, tak pro některé stavby je tato hodnota snížena na S_{atyp} . V zápisu jsou také domy rozlišeny dle typu střechy na sedlové (půdorys je rozšířen koeficientem $T_{st} = 1,5$ [5]) a vodorovné ($T_{st} = 1$). Přehled vstupních dat u výběru domů zobrazuje **Tabulka 3**.

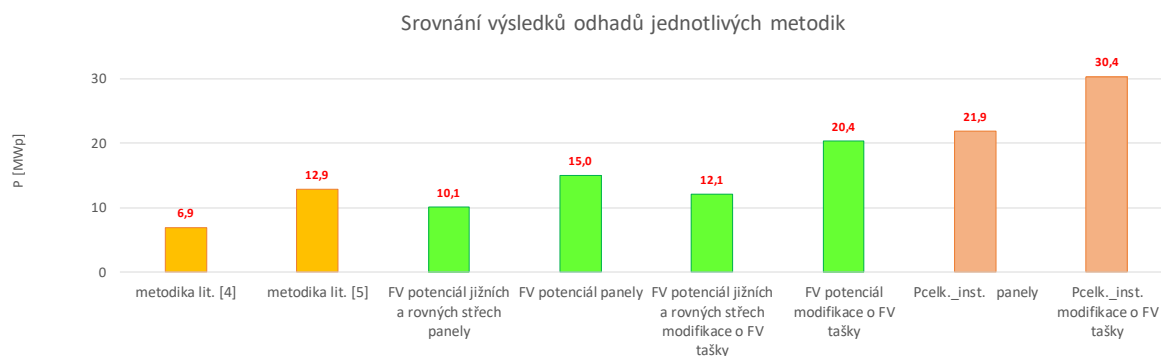
| informace o domu | | | | panel | | podíl střechy | | | | | | | | využití plochy Kv | | | | | | | | účinnost při sklonu Kor | | | | | | | | |
|------------------|---------|-----|-------|-------|------|---------------|------|----|------|----|------|----|------|-------------------|-----|----|-----|----|-----|-----|-----|-------------------------|-----|----|------|----|------|----|------|----|
| obl. | parcela | So | Satyp | Tst | Sp | Ppk | S | SV | V | JV | J | JZ | Z | SZ | S | SV | V | JV | J | JZ | Z | SZ | S | SV | V | JV | J | JZ | Z | SZ |
| B | 662/55 | 198 | | 1,5 | 1,73 | 0,325 | 0,15 | | 0,35 | | 0,15 | | 0,35 | | 0,2 | | 0,4 | | 0,2 | | 0,2 | | 0,5 | | 0,75 | | 0,95 | | 0,75 | |
| B | 662/64 | 199 | 160 | 1,5 | 1,73 | 0,325 | 0,3 | | 0,2 | | 0,3 | | 0,2 | | 0,3 | | 0,1 | | 0,2 | | 0,1 | | 0,6 | | 0,8 | | 0,95 | | 0,8 | |
| B | 662/748 | 222 | | 1,5 | 1,73 | 0,325 | 0,15 | | 0,2 | | 0,5 | | 0,15 | | 0,3 | | 0,3 | | 0,3 | | 0,3 | | 0,7 | | 0,8 | | 0,95 | | 0,8 | |
| B | 662/787 | 300 | | 1 | 1,73 | 0,325 | | | | | | 1 | | | | | | | | 0,5 | | | | | | | 0,95 | | | |

Tabulka 3: Přehled zápisu vstupních dat pro vlastní metodiku

Využití této metodiky přichází se zpřesněním odhadu, jelikož je do celkového potenciálu zahrnut vliv každého domu. Přesto jsou do této metodiky zanesené dílčí statistické chyby, a tak je nutné celkový odhad brát s patřičnou rezervou.

4.1 SROVNÁNÍ

Pro získání celkového obrazu je nutné provést srovnání jednotlivých metodik viz. **Obrázek 3**. Žluté sloupce zobrazují výsledné odhady převzatých metodik pro fragment obce. Zelené sloupce jsou výsledky vlastního průzkumu. Červené sloupce doplňují údaj o maximální technický instalovatelný výkon. Při modifikaci využití FV tašek je předpokládán výkon 150 W/m² [6] střešní krytiny u sedlových střech (u vodorovných střech je zachováno využití FV panelů) při 70% využití plochy (30 % rezerva pro okraje štítu).



Obrázek 3: Srovnání jednotlivých metodik

5 ZÁVĚR

Jednotlivé metodiky byly aplikovány na celé území obce, data o zastavěnosti rodinnými domy jsou výsledkem vlastního průzkumu (z důvodu aktuálnosti dat). Výsledky jednotlivých metodik se značně liší. První dvě plošně užitá metodiky jsou vhodné pro aplikaci na celostátní či krajské úrovni z důvodu zanedbávání spousty lokálních faktorů. Lokálními faktory může být rozuměna například orientace cest (z toho vycházející orientace střech domů svažujících se k ulici), typ zástavby (rodinné domy, řadová zástavba, bytové domy, komerční objekty, průmyslové haly), typ střechy (rovná, sedlová, sedlová s vikýři, atypická) a orientace střech. Výše uvedené faktory uvažuje navrhovaná metoda. **Obrázek 3** zobrazuje jak technické maximum instalovatelného výkonu, tak i účinný potenciál. Dále byl odhad rozšířen o využití fotovoltaických tašek. Potenciál vodorovných a jižně orientovaných střech se při užití modifikace o FV tašky příliš nezvětšil. To je dáno z důvodu uvažování tašek pouze na sedlové střechy a velkým podílem průmyslových hal s vysokou užitnou plochou vhodnými pro panely. Potenciál vodorovných a jižně orientovaných střech tvoří přibližně 60 % celkového FV potenciálu obce.

REFERENCE

- [1] Google Britům poradí, zda se jim vyplatí instalovat na střechu solární panely. In: o energetice [online]. cit. [2018-03-14] Dostupné z: <http://oenergetice.cz/evropska-unie/google-britum-poradi-zda-se-vyplati-instalovat-strechu-solarni-panely/>
- [2] Project Sunroof. In: Google [online]. cit. [2018-03-14] Dostupné z: <https://www.google.com/get/sunroof#a=1103%20Beddards%20Crossing%20Dr,%20Grimesland,%20NC%2027837,%20USA&b=125&f=buy&lat=35.55477688996277&lng=-77.29152626001473&np=34&p=1>
- [3] Mapa Moravany u Brna. In: mapy.cz [online]. cit. [2018-03-14] Dostupné z: <https://en.mapy.cz/zakladni?x=16.5676544&y=49.1452935&z=13&source=muni&id=5788>
- [4] Jakubes J., Járka V.: Studie „Potenciál solární energetiky v České republice“. In: ENACO. Praha 2015, 58 s.
- [5] Čambala P., Hrubý M., Muselík O., Špaček T., Procházka J.: Oponentní posudek k vybraným tématům z návrhu Národního Klimaticko-Energetického Plánu (NKEP) pro oblast FVE. In: EGÚ Brno a. s. Brno 2018, 36 s.
- [6] Fotovoltaic tiles. In: Solecco Solar [online]. cit. [2018-03-14] Dostupné z: <http://www.soleccosolar.com/installers-contractors/>
- [7] Veřejná databáze ČSÚ – Moravany u Brna. In: Český statistický úřad [online]. cit. [2018-03-28] Dostupné z: https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=profil-uzemi&uzemiprofil=31588&u=__VUZEMI__43__583413&fbclid=IwAR1pKs7-eeHbBmi2e2UMPIbWE9CmI3TVv_BZy18zihG5hoHEHBne_6bLLR4#w=